

JP11317723  
PUB DATE: 1999-11-16  
APPLICANT: MOTOROLA INC

HAS ATTACHED HERETO CORRESPONDING ENGLISH LANGUAGE EQUIVALENT:

US6259746  
PUB DATE: 2001-07-10  
APPLICANT: MOTOROLA INC [US]

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **11-317723**

(43) Date of publication of application : **16.11.1999**

(51)Int.C1.

H04J 11/00

H04L 29/08

H04M 3/00

H04M 11/00

(21)Application number : **11-004993**

(71)Applicant : **MOTOROLA INC**

(22)Date of filing : **12.01.1999**

(72)Inventor : **LEVIN HOWARD E**  
**MAY MICHAEL R**  
**PENDLETON MATTHEW A**  
**JOHNSON TERENCE**

(30)Priority

Priority number : **98 7218**      Priority date : **14.01.1998**      Priority country : **US**  
**98 7390**                                      **14.01.1998**                                      **US**

**(54) METHOD FOR ASSIGNING DATA AND POWER IN DISCRETE MULTI-TONED COMMUNICATION SYSTEM**

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To optimize the power consumption of a discrete multi-toned(DMT) system by reducing power with respect to a not-using carrier among plural carriers assigned with bits.

**SOLUTION:** Data transmitted to a remote terminal 20 through a transmission medium 15 by a telephone station 30 is received by a transmitter/receiver 24 and given to a system controller 22 to process. In addition, an upstream signal from the terminal 20 is also processed by a system controller 34 through the transmitter/receiver 32 of the station 30. Then, carriers, namely bins, are sorted in an order from a maximum capacity to a minimum capacity to advance from the carrier of the maximum capacity to that of the minimum capacity to assign a transmission data rate and a data capacity is assigned until a designated data rate is obtained. Since a maximum data rate is assigned to a bin at first, the number of using carriers for transmitting data by a desired data rate is minimized to minimize power on an unused carrier. Thereby, an optimum power quantity can be dissipated.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-317723

(43)公開日 平成11年(1999)11月16日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
H 0 4 J 11/00  
H 0 4 L 29/08  
H 0 4 M 3/00  
11/00

識別記号

3 0 2

F I

H 0 4 J 11/00 Z  
H 0 4 M 3/00 B  
11/00 3 0 2  
H 0 4 L 13/00 3 0 7 Z

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平11-4993

(22)出願日 平成11年(1999)1月12日

(31)優先権主張番号 0 0 7 2 1 8

(32)優先日 1998年1月14日

(33)優先権主張国 米国 (U S)

(31)優先権主張番号 0 0 7 3 9 0

(32)優先日 1998年1月14日

(33)優先権主張国 米国 (U S)

(71)出願人 390009597

モトローラ・インコーポレイテッド

MOTOROLA INCORPORATED

アメリカ合衆国イリノイ州シャンパーグ、  
イースト・アルゴンクイン・ロード1303

(72)発明者 ハワード・イー・レビン

アメリカ合衆国テキサス州オースチン、パ  
ラマウント・アベニュー2103

(72)発明者 マイケル・アール・メイ

アメリカ合衆国テキサス州オースチン、ロ  
チェスター・レーン13110

(74)代理人 弁理士 大貫 進介 (外1名)

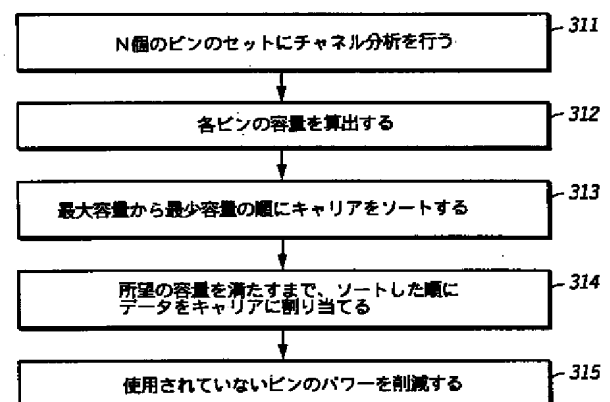
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 離散マルチ・トーン通信システムにおいてデータおよびパワーを割り当てる方法

(57)【要約】

【課題】 離散マルチ・トーン (DMT) 通信システムにおいてパワー消費の最適化を図るデータおよびパワー割り当て方法を提供する。

【解決手段】 ビット割り当て容量にしたがって、キャリアをソートする。次に、最大のビット割り当て容量を有するキャリアから最少のビット割り当て容量を有するキャリアの順に、全てのビットを割り当てるまで指定のビット・レートを得るために必要なビット数を割り当てる。割り当て後、使用されていないビンのパワーを全て削減する。使用されていないピンは劣悪なピンを含み、データを宛先に確実に送信できないキャリアとして識別する。マージナル・ピンは、データを宛先に送信可能となり得るキャリアとして識別する。劣悪なビンのパワーを削減し、マージナルまたは良好なピンに割り当て、ビット・レートの上昇を可能にする。または、マージナル・ビンのパワーを削減し、良好なピンに割り当てる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】離散マルチ・トーン通信システムを構成する方法であって：複数のキャリア上においてチャネルの分析を行う段階；前記複数のキャリアの一部にデータ容量を割り当てる段階であって、ビットを割り当てられた前記複数のキャリアの前記一部は使用中のキャリアであり、前記複数のキャリアの内ビットが割り当てられない一部は、使用されていないキャリアを含む段階；および前記使用されていないキャリアに対するパワーを削減する段階；から成ることを特徴とする方法。

【請求項2】前記使用されていないキャリアは、所定の性能基準を満たさないことを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項3】前記所定の性能基準は、指定されたエラー率以下の所定のデータ・レートを指定することを特徴とする請求項2記載の方法。

【請求項4】前記複数のキャリアをソートし、ソート・リストを作成し、ビット・ローディング容量にしたがって、前記ソート・リストをソートする段階；を更に含み；前記チャネルの分析を行う段階は、ビット・ローディング容量を判定する段階を含み、前記データ容量を前記複数のキャリアに割り当てるステップは、前記データ容量の全てを割り当てるまで、前記ソート・リストにしたがって使用中のキャリアに前記データを割り当てる段階を更に含み、最大のビット・ローディング容量を有するビンは、最大のビット・ローディング容量未満を有するビンの前に、完全に充填されることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項5】前記使用中のキャリアの少なくとも1つに対するパワーを増大させる段階を更に含むことを特徴とする請求項1記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一般的に、通信システムに関し、更に特定すれば、離散マルチ・トーン・システム(discrete multi-tone communication system)を構成する方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】テレビ会議(video conferencing)やインターネット・アクセスのような、高データ・レート双方向サービスを、住宅および小規模事務所の顧客にも一層入手し易くするためには、高速データ通信経路が必要である。かかる高データ・レートサービスには光ファイバ・ケーブルが最適な伝送媒体であるが、既存の通信ネットワークにおいては容易に使用することができず、光ファイバ・ケーブルを設置する費用は法外に高い。現行の電話配線接続は、ツイストペア媒体で構成されており、ビデオ・オン・デマンドのような双方向サービス、またはそれよりも更に高速な相互接続に必要な高データ・レートに対応するように設計されたものはない。これに

じて、非対称デジタル加入者回線(ADSL: Asymmetrical Digital Subscriber Line)技術が開発され、既存のツイストペア接続の固定帯域幅以内で伝送能力を向上させることにより、新たな光ファイバ・ケーブルの設置を必要とすることなく、双方向サービスの提供を可能にした。

【0003】離散マルチ・トーン(DMT: Discrete Multi-Toned)とは、ツイストペア接続のような通信チャネルの使用可能帯域幅を、多数の周波数サブチャネルに分割するマルチ・キャリア技術のことである。これらのサブチャネルは、周波数ビン(frequency bin)またはキャリアとも呼ばれている。DMT技術は、ANSI T1E1.4(ADSL)委員会によって、ADSLシステムに用いるために採用されている。ADSLでは、DMTを用いて、エンド・ユーザに向かう下流伝送に26kHzから1.1MHzまでの250個の別個の4.3125kHzサブチャネルを発生し、エンドユーザによる上流伝送のために26kHzから138kHzまでの25個のサブチャネルを発生する。各ビンには、各伝送と共に送るある数のビットが割り当てられる。ADSLシステムに対してビン毎に割り当てられるビット数は、0、および2ないし15ビットである。

【0004】ADSLシステムを用いてリアル・タイム・データを送信する前に、初期化プロセスを行う。初期化プロセスの第1部分の間、活性化および承認ステップを行う。ADSLシステムの電力投入に続いて送信活性化トーンを発生するのは、このステップの間である。送受信機トレーニングは、初期化プロセス中の次のステップである。送受信機トレーニングの間、ADSLシステムの等化フィルタをトレーニングし、システムの同期を得る。次に、初期化プロセスの一部として、チャネル分析および交換を行う。チャネル分析および交換の間、チャネルの信号対ノイズ比(SNR)を判定し、ビンのビット・ローディング・コンフィギュレーション(bit loading configuration)およびその他のコンフィギュレーション情報を転送する。

【0005】初期化プロセスに続いて、リアル・タイム・データ送信が開始する。リアル・タイム・データ送信の間、提案されているANSI規格の実施態様は、各キャリアを公称パワー量(nominal amount of power)で送信することを要求する。公称パワー量は、最大パワー量となるように提案されており、これは、パワー利得微調整のばらつきがキャリア間で発生するだけで、全てのビン全体に対してほぼ同一である。しかしながら、公称送信パワー量を各キャリアに割り当てることには欠点がある。例えば、1つの問題は、データを全く送信していないキャリアに公称パワー量を割り当てることに伴い、不要のパワー消費が生ずることである。これが発生するのは、要求されたデータ・レートが、回線上で使用可能な最大データ・レート未満の場合である。この余分なパワ

一のために、パワー消費に関してシステムに余分なコストがかかることになる。未使用ビンにパワーを送信することに対する他の問題は、キャリアの信号が長い回線距離の間に減衰するために、所望の確実性でデータを送信できない地点が生ずることである。これが発生すると、劣悪なビンのビット割り当て容量が0にセットされるが、しかしながら、提案されている仕様の実施態様の下では、その送信パワーは、現在使用されていないビンにも割り当てられ続ける。したがって、高データ・レートがない場合でも、パワー・コストが高くなる。ADSL仕様に伴う他の問題は、隣接する回線上において同様の周波数で信号を送信している場合、クロストーク干渉が発生することである。

#### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】典型的なDMTシステムでは、その消費パワーの概ね半分以上が、回線ドライバによって消費される。パワー増大に伴う熱の問題に加えて、隣接する電話回線からのクロストークが回線ノイズ・レベルを40dBにも高める可能性があるという、更に別の問題がある。したがって、DMTシステムのパワー消費を最適化し、隣接するツイストペアワイヤ間のクロストークを減少させることができれば有利であろう。

#### 【0007】

【発明の実施の形態】図1は、ADSLシステム10を示す。ADSLシステム10は、遠隔端末20、およびツイストペア伝送媒体によって接続されている電話局(central office)30を備える。遠隔端末20および電話局30は、各々、システム・コントローラ22、34をそれぞれ備えている。加えて、遠隔端末20および電話局30は、それぞれ、送受信機24、32を備えている。ADSLシステム10は、本発明を実施することができる。動作の間、電話局30は、伝送媒体15を通じて、下流データを遠隔端末20に送信する。データは、遠隔端末20の送受信機24によって受信され、送受信機24は受信データをシステム・コントローラ22に供給し、更に処理を進める。同様に、上流信号も遠隔端末20から伝送媒体15を通じて送信され、電話局の送受信機32によって受信され、送受信機32はシステム・コントローラ34にデータを供給する。

【0008】図2は、ADSLシステム10内で使用するためのSNR参照表を示す。SNR参照表は、あるビンが特定数のビットを特定のビット・エラー率(BER)で送信するために必要なSNRである、 $SNR_{ref}$ を示す。例えば、図2の表によれば、SNRが30であると判定されたビンは、7ビットのデータを送信することができる。また、必要であれば、使用するエラー補正の種類に応じてSNR参照表の値を変化する。例えば、エラー訂正の使用により、図2における各 $SNR_{ref}$ の値を3小さくすることができる。この減少によ

り、SNRが30のビンは8ビットを送信することが可能となる。一般に、SNR参照表は経験的に得られるが、シミュレーションまたは理論的な結果に基づいて導出することも可能である。

【0009】図3は、本発明を実施する方法を示す。この特定実施例は、特定のDMTの実施態様を対象とするが、本発明はあらゆるDMTの実施態様にも適用されることは理解されよう。ステップ311において、ADSLチャネルの分析を行う。本発明の一実施例では、チャネル分析ステップ311は、初期状態におけるチャネルに対する信号対ノイズ比(SNR)を返す。通常、図3のチャネル分析ステップ311は、初期化プロセスの一部として実行する。しかしながら、図3のステップをリアル・タイム処理の間に実行する他の実施態様も、本発明によって予見される。

【0010】ステップ312において、各ビンのデータ容量を算出する。一実施例では、データ容量は、ステップ311において判定したキャリアのSNR、および図2のSNR参照表に基づいて算出する。データ容量は、所与のSNR参照表について、送信可能な最大ビット数を識別することによって、判定することができる。例えば、図2の表によれば、SNRが32のビンに割り当て可能な最大ビット数は、7ビットである。

【0011】次に、ステップ313において、最大容量から最少容量の順に、キャリア即ちビン进行をソートする。次に、ステップ314において、最大容量を有するキャリア(群)から始め、最少容量を有するキャリア(群)に進みつつ、送信すべきデータ・レートを割り当てる。指定したデータ・レートが得られるまで、データ容量を割り当てる。最初に最大データ・レートをこれらのビンに割り当てることにより、所望のデータ・レートでデータを送信するために使用するキャリア(使用キャリア)の数を最少に抑えることが可能となる。ステップ315において、未使用キャリア上のパワーを削減し、指定量の情報を送信するために用いられるパワーを最低に減らす。概して、使用中のビンのパワーの大きさの少なくとも1桁だけ、パワーを削減する。これは、各チャネルが使用中であるか否かには係らず、公称パワー量を各チャネルが維持しなければならない従来技術に対する利点である。使用していないビンに対するパワーを削減することにより、最適なパワー量の散逸が可能となる。

【0012】図4は、本発明の異なる実施例を示す。ステップ411において、1セットのキャリアNに対し、サブセット・キャリアXを指定する。サブセットXは、全体として、ビット・ローディング割り当てプロセスの間に好ましいキャリアまたは避けるべきキャリアを表す。次に、サブセットXに重み付けを行う。重み付けは、明示的とすることにより、ユーザが重み値を指定することや、あるいは暗示的とすることにより、システムがサブセットXにデフォルトの重みを有することも可能

である。例えば、サブセットXは、暗示的に重い重み付けを行うことも可能である。重みの機能については、ステップ415を参照しながら論ずることとする。

【0013】ステップ412において、セットNの各キャリアについて、チャンネル分析を行う。ステップ412のチャンネル分析は、既に論じた、図3のステップ311のチャンネル分析と同様に行う。次に、ステップ413において、キャリア・セットN内の各ビンに対するビット・ローディング容量を算出する。このステップは、図3のステップ312と同様である。ステップ414において、セットXの中に含まれないセットNのキャリアを、最大ビット・ローディング容量から最少ビット・ローディング容量の順にソートし、ソートしたキャリア・サブセットを形成する。このステップは、セットのサブセットに対して行われることを除いて、図3のステップ313と同様である。ステップ419において、セットX内のキャリアを、更に、最大ビット・ローディング容量から最少ビット・ローディング容量の順にソートし、別のソート・サブセットを形成する。代替実施例では、セットXをソートしなくてもよい。

【0014】ステップ415において、キャリア・サブセットXに関連するビン、を、ソートしたキャリアのセットに挿入するか、あるいはこれから除外する。一実施例では、セットXのビンに暗示的に重い重み付けが行われている場合、そのセットは、ある予め規定された基準を満たすビンの前または後のソート・セット内に配置する。例えば、重い重み付けが行われたビンは、最大容量のビンの前に配置することができる。別の実施例では、重い重み付けが行われたビンは、10ビットの容量を有するビンと、9ビットの容量を有するビンとの間に配置することができる。通常、重い重み付けが行われたセットには、大きなビット割り当て容量を有するビンを挿入する。1つのビンに対する最大ローディングが15ビットである一実施例では、重い重み付けが行われたセットは、通常、7ビット割り当てレベル以上に挿入する。

【0015】同様に、セットXのビンに暗示的に軽い重み付けが行われている場合、これらを全体的にソート・リストから除外し、最少のビット・ローディング容量を有するビンの後に挿入するか、あるいは指定されたローディング・レベルを有するビン間に挿入することができる。通常、軽い重み付けが行われたセットには、ビット割り当て容量が小さいビンを挿入する。1つのビンに対する最大ローディングが15ビットである一実施例では、軽い重み付けが行われたセットは、通常、7ビット割り当てレベルより下に挿入する。

【0016】数値的な重み付けを適用する実施例では、重みの値に基づいて、セットXのビンを正確に配置または除外する。

【0017】ステップ416において、指定したデータ・レートに対応するために必要なビット数が、セットの

ソート順に基づいて、ビンに割り当てられる。例えば、セットXを、ローディング容量が13ビットのビンと14ビットのビンとの間に挿入すると仮定する。割り当ては、セットX内になく、ローディング容量が15ビットのビンから開始する。一旦最初のビンに15ビットが割り当てられたなら、セット内になく、ローディング容量が15ビットの別のビンに、15ビットを割り当て、以下全ての15ビット・ビンが完全に割り当てられるまで続ける。次に、同様に、セットX内にない全ての14ビット・ビンを充填する。次に、セットX内にない全ての13ビット容量のビンのローディングの前に、セットXのビットを充填する。セットXの各ビンを充填することによって、13ビット容量のビンについて、充填プロセスを続ける。

【0018】図5は、隣接する回線間のクロストークを減少可能な、本発明の別の実施例を示す。ステップ501において、キャリアのサブセットX1を、第1回線カードに指定する。ステップ502において、図4のフローをサブセットX1に適用する。これは、特定のデータ・レートに対応するために駆動する必要がある回線カード2のキャリア数を、事実上に最少に抑える。

【0019】ステップ503において、実質的に重複していないキャリアX2のサブセットを、第1回線カードに指定する。一実施例では、セットX1、X2は、異なる周波数で動作するビンにデータ容量を割り当てようとするという点で、相互に排他的である。更に他の実施例では、セットX1、X2は、互いに別個の回線カード内において使用されるビンバッファするように選択する。例えば、セットX1がビン1ないし10を最初に充填すべきビンとして指定した場合、セットX2は、ビン12ないし21を最初に充填すべきビンとして示す。指定されたビンの中でビット・ローディング容量を割り当て可能である範囲において、セットX1、X2の周波数範囲をバッファする、未使用のビン、即ち、ビン11がある。このバッファリングによって、クロストークに対する抵抗力(immunity)強化が可能となる。

【0020】一旦セットX2を規定したなら、図4の方法を適用し、システムのパワーを最適化する。ステップ505において、データ送信を行うと、パワー散逸の最適化および隣接する回線間のクロストーク制限が可能となる。

【0021】図6ないし図9は、本発明を実施する他の方法を示す。図6のステップ601において、ADSLチャンネルの分析を行う。一実施例では、チャンネル分析は、初期状態におけるあるチャンネルのSNRを返す。通常、チャンネル分析および図6のステップは、初期化プロセスの一部として行われる。しかしながら、図6のステップをリアル・タイムで実行する他の実施態様も、本発明によって予見される。

【0022】チャンネル分析ステップからのSNR値に基

づいて、ステップ602において、当該チャネルに関連するどのビンが良好なビンかについて判定を行う。良好なビンとは、最少量のデータを送信可能な、予め規定されたSNRを満足するビンと定義する。例えば、表2のSNR基準(SNRref)値は、ビンに2ビットのデータを割り当て、かつ特定のBERを維持するためには、ビンは少なくとも14のSNRを有する必要があることを示す。SNRが14未満のチャネルがある場合、最小数のビットを送信するものの、表のBERを維持することができないチャネルであることを示す。通常、ビンが予め規定されたBERを満たしつつ、最少量のデータを送信可能であれば、良好なビンとして定義される。

【0023】次に、ステップ603において、チャネル内の劣悪なビンを全て識別する。劣悪なビンとは、予め規定された性能基準を満たすことができないビンのことである。一実施例では、特定のキャリアについて、予め規定されたBERの範囲内でデータを送信できないと判定された場合、劣悪なビンとして識別される。通常、この識別を得るには、特定のチャネルのSNRを、最少値の送信量のSNRrefと比較し、指定された基準が満たされるか否かについて判定を行う。例えば、SNRからSNRrefを減じて-5以下となるキャリアを全て、劣悪なビンとするという基準が考えられる。したがって、図2の表を用いる場合、SNRが9以下である全てのチャネルが、劣悪なビンとして分類されることになる。通常、劣悪なビンには、データを全く割り当てることができない。

【0024】次に、ステップ604において、マージナル・ビン(marginal bin)のセットを識別する。マージナル・ビンのサブセットとは、以前に良好なビンとも劣悪なビンとも判定されていないビンと定義する。前述の例では、マージナル・ビンは、9ないし14のSNR値を有する。その理由は、SNRが14以上のキャリアは良好なキャリアであり、SNRが9以下のキャリアは劣悪なビンとするからである。マージナル・ビンには、他の定義も同様に使用可能である。例えば、5ビットを搬送できないビンを全てマージナル・ビンとして定義したり、あるいはSNRref値間の間隔に基づいて定義することが望ましい場合もある。

【0025】次に、ステップ605において、劣悪なビンに割り当てた送信パワーを削減する。固定量だけパワーを削減したり、あるいは倍率に基づいてパワーを削減することができる。劣悪なビンの送信パワーを固定量だけ削減させる一例としては、フィルタ応答を変化させ、劣悪なビンを減衰させることである。倍率によって劣悪なビンのパワーを削減させる一例は、その周波数領域におけるキャリアに0.10を乗算することであろう。劣悪なビンに関連する送信パワーを削減することにより、データが送信される可能性がない場合、使用パワーが減少する。これは、全てのビン上で送信パワーを維持する

ことを指定する、またはマージナル・ビン上では少量のデータを送信することを提案する従来技術の方法に対する利点である。

【0026】次に、ステップ606において、マージナル・ビン上のパワーを増大させる。通常、劣悪なビンのパワーを削減することによって得られる量だけ、マージナル・ビンのパワーを増大させることにより、システム全体のパワーには変化を生じさせない。一実施例では、得られるパワーは、全てのマージナル・ビンに均等に与えるように使用する。他の例では、得られるパワーは、各ビンのSNRに基づいて、いずれかのマージナル・ビンに割り当てることも可能である。更に別の実施例では、割り当てられるパワーに対して最大のビット容量増加を得ることができるマージナル・ビンに、得られたパワーを追加する。

【0027】次に、ステップ620において、パワー・レベルが上昇した各マージナル・ビンについて、パワー増大の結果、マージナル・ビンが良好なビンとなったか否かについて判定を行う。この判定は、マージナル・ビンに対するチャネル分析によって推定または決定し、送信パワー増大後のSNR値が、データ転送に対応するのに充分か否かについて判定を行うことができる。マージナル・ビンが改善され、良好なビンと判定された場合、フローはステップ607に進み、新たに識別された良好なビンを、そのように識別する。マージナル・ビンのパワーが増大したものの、未だマージナルであると判定された場合、フローはステップ608に進む。ステップ608において、このビンを劣悪なビンとして識別し、フローはステップ305に進み、ここで新たに識別された劣悪なビンのパワーを削減する。尚、ステップ608において、ビンのマージナル・ステータスを維持し、更にパワーを増大し、良好なビンを作成しようとすることも可能である。しかしながら、マージナル・ビンの少なくともいくつかを劣悪なビンとして識別し、割り当てのために余分なパワーを解放してマージナル・ビンのSNRを改善するために使用し、ステップ608において劣悪なビンとして識別しないようにする必要がある。次に、ステップ609において、良好なビンとして定義された全てのビン上で、データを送信する。

【0028】図6のフローは、劣悪なビンに一定のパワー・レベルを維持しないことにより、従来技術の提案に対する改善を与えるものである。加えて、従来技術は、データ・レート上の処理能力を改善するために、よいビンにもマージナル・ビンにも大幅なパワーの増大を許さない。本発明は、パワーの増大を行わなければ、少なくともいくつかのビンにおいて有用なデータを送信および受信できないという点まで信号強度が減衰する場合に、データ・レートを最大に高めることを可能とする。

【0029】図7は、本発明による別の方法を示す。ステップ701ないし704は、図6のステップ601な

いし604と同様であり、これ以上論じないことにする。次に、ステップ706において、マージナル・ビンおよび良好なビンのパワーを増大する。この実施例では、マージナル・ビンのパワーだけを増大するのではない。これによって、良好なビンおよびマージナル・ビンに同様にビット割り当ての増加が可能となる。ステップ720、707、708、709は、図6のステップ620、607、608、609と同様であり、ここではこれ以上論じないことにする。

【0030】図8は、本発明による別の方法を示す。ステップ801ないし804は、図6のステップ601ないし604と同様であり、これ以上論じないことにする。次に、ステップ805において、マージナル・ビンおよび劣悪なビンのパワーを削減する。次に、ステップ806において、良好なビンのパワーのみを増大する。この実施例では、劣悪なビンおよびマージナル・ビンからの使用可能なパワー全てを、良好なビンに割り当てし直す。これによって、良好なビンに割り当てるビットを増加させることができる。通常、特定のBERにおける各ビンの最大データ容量を送信するために必要な量を超えてパワーを増大させることはない。

【0031】本発明を用いたビット・レートの上昇を図9に示す。図9は、使用されていないキャリアに付随するパワーを割り当てし直した場合に、本発明者によって観察されたビット・レート利得を示す。250個のキャリア全てを使用する場合、割り当てし直すパワーはなく、したがって、全体的なデータ・レートの上昇もないことに気が付かれよう。しかしながら、検査したシステムにおいて100個のキャリアのみを用い、150個の使用されていないキャリアからのパワーを使用中のビンに割り当てし直した場合、毎秒約550キロビットのビット・レート上昇が実現した。したがって、ADSLシステムに関連するパワーを割り当てし直すことによって、従来技術の標準に対し、性能の向上が得られること認められよう。本発明を用いると、パワーをビンに割り当てし直すことにより、ビンは追加の距離まで信号を搬送することができるため、信号を送信可能な距離が延長することになる。これは、かかるパワー再割り当てを考慮しない従来技術に対する利点の1つである。

【0032】前述の説明は、ADSLシステムのパワー消費を改善するために好適な方法を明らかにした。本発明について、具体的な実施例を参照しながら説明した。しかしながら、請求項に明記されている本発明の範囲か

ら逸脱することなく、種々の改良や変更も本発明には可能であることを、当業者は認めよう。例えば、前述の具体的な実施例は、図2のSNR<sub>ref</sub>表を用いて、ビンのローディングを判定することについて論じた。ビンのローディングを判定する他の方法も使用可能であることは、当業者であれば認めるであろう。本発明によって予見される改良の一例は、ビンの多数のサブセットを識別し、重み付けすることであろう。本発明は、他のビン分類方法を用いる場合にも等しく適用可能であることを当業者は認めよう。更に他の改良例としては、使用されていないビンのいくつかまたは全てのパワーを周期的に送信し、ビンのSNRを監視することがあげられる。特許請求の範囲においては、ミーンズ・プラス・ファンクション(means-plus-function)項目(群)がある場合は、いずれも、ここに記載した構造で、列挙した機能(群)を行うものを含むこととする。また、ミーンズ・プラス・ファンクション項目(群)は、列挙した機能(群)を行う構造的同等物および同等の構造も含むこととする。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】ADSLシステムを示すブロック図。

【図2】SNR参照表を示す図。

【図3】本発明を実施する具体的な方法を示すフロー・チャート。

【図4】本発明を実施する具体的な方法を示すフロー・チャート。

【図5】本発明を実施する具体的な方法を示すフロー・チャート。

【図6】本発明を実施する具体的な方法を示すフロー・チャート。

【図7】本発明を実施する具体的な方法を示すフロー・チャート。

【図8】本発明を実施する具体的な方法を示すフロー・チャート。

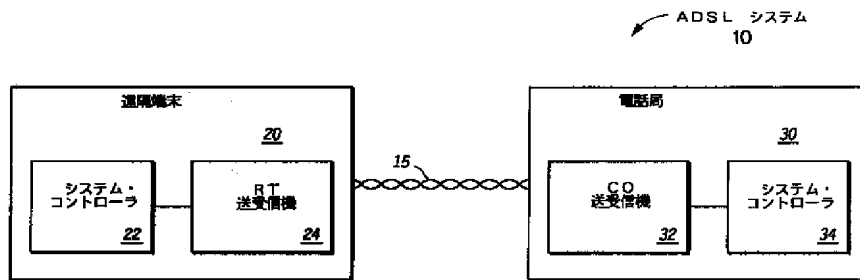
【図9】ビット・レートの上昇対使用キャリア数の関係を示すグラフ。

#### 【符号の説明】

- 10 ADSLシステム
- 15 伝送媒体
- 20 遠隔端末
- 22, 34 システム・コントローラ
- 24, 32 送受信機
- 30 電話局



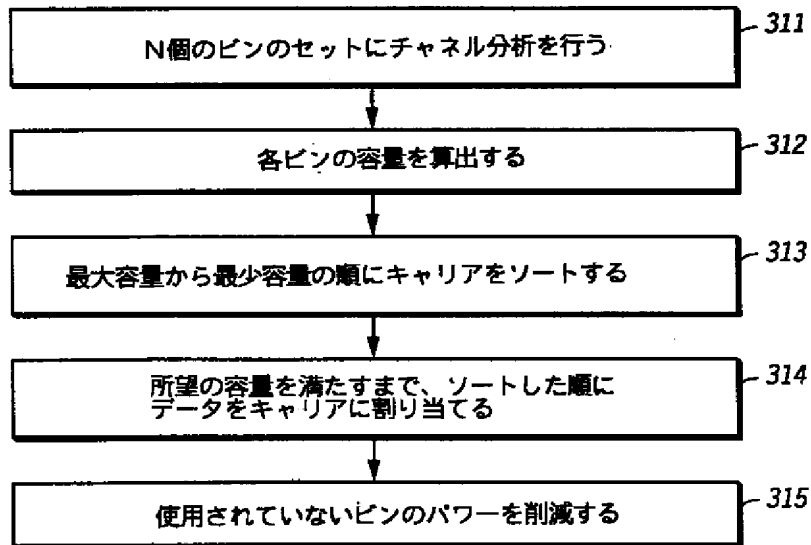
【図1】



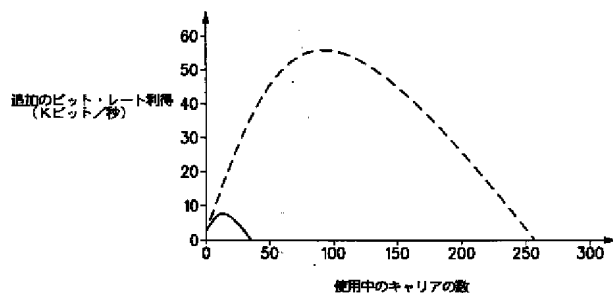
【図2】

SNR表	
ビット	SNR <sub>REF</sub>
2	14
3	19
4	21
5	24
6	27
7	30
8	33
9	36
10	39
11	42
12	45
13	48
14	51
15	54

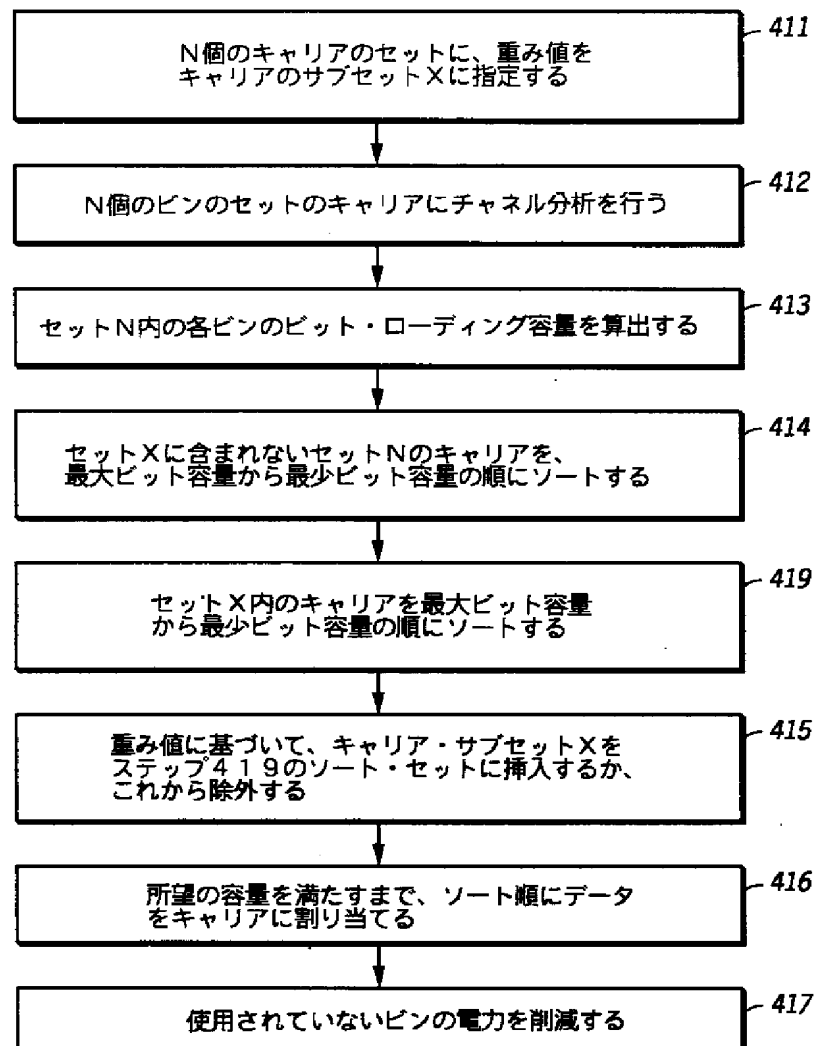
【図3】



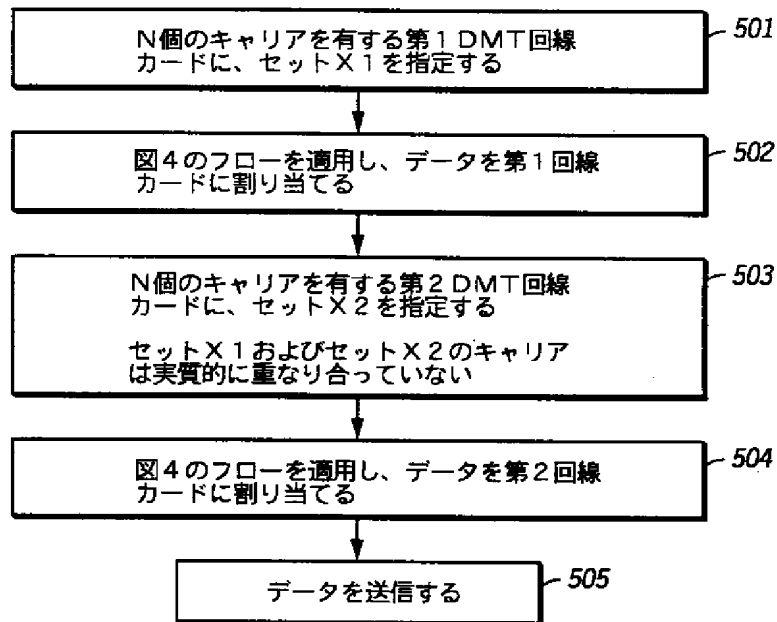
【図9】



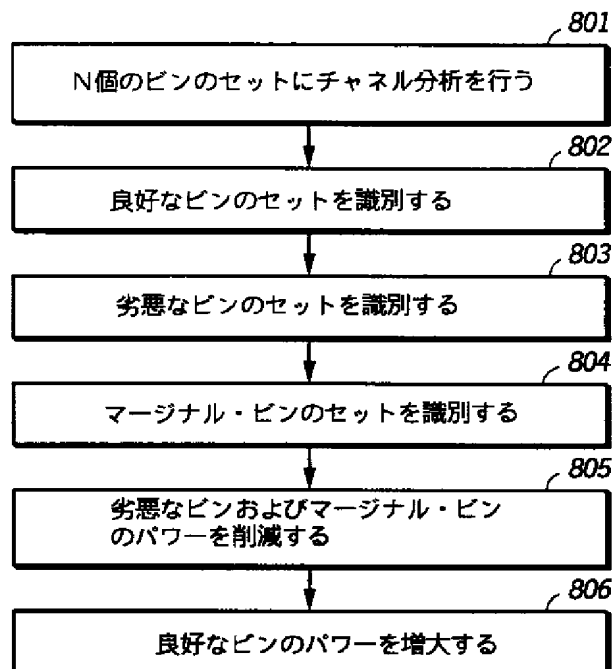
【図4】



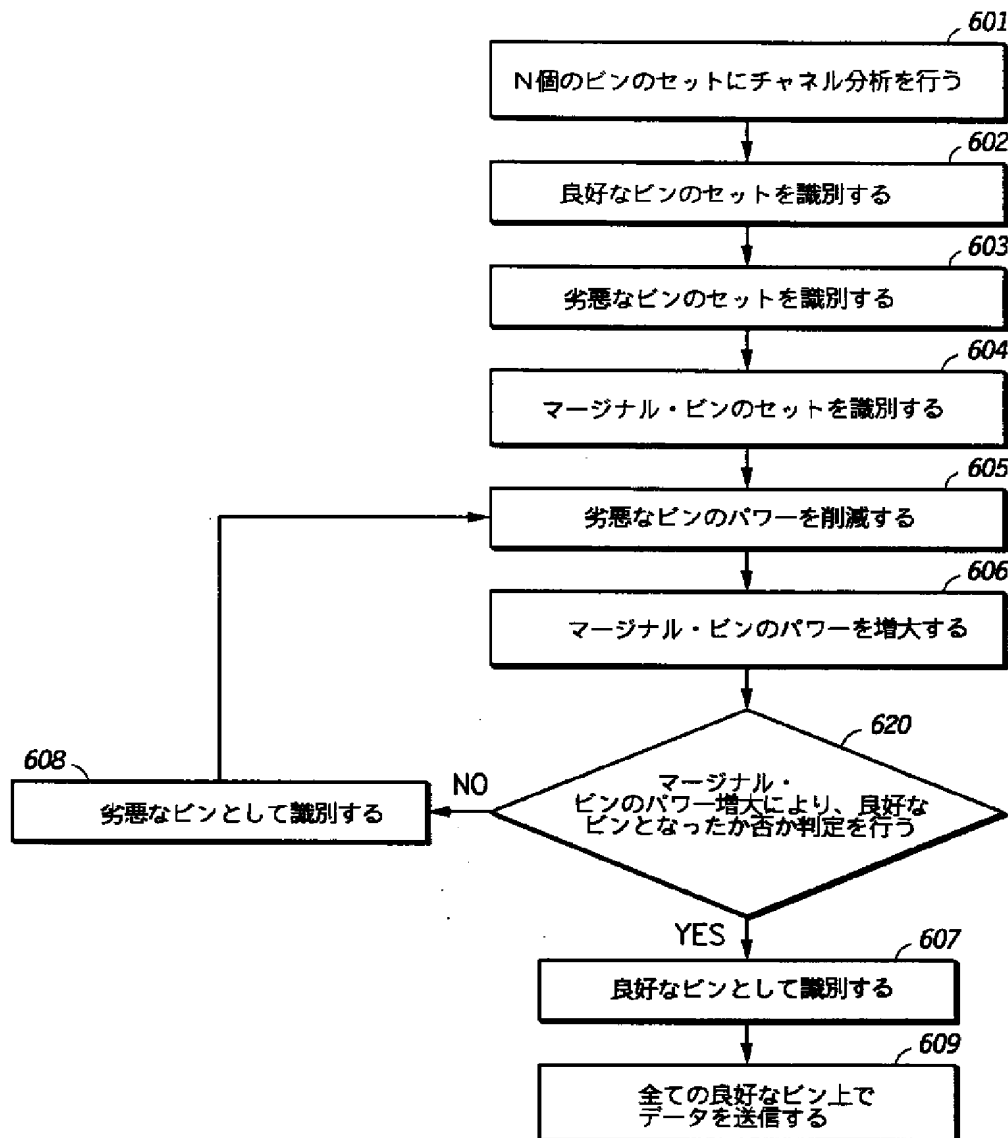
【図5】



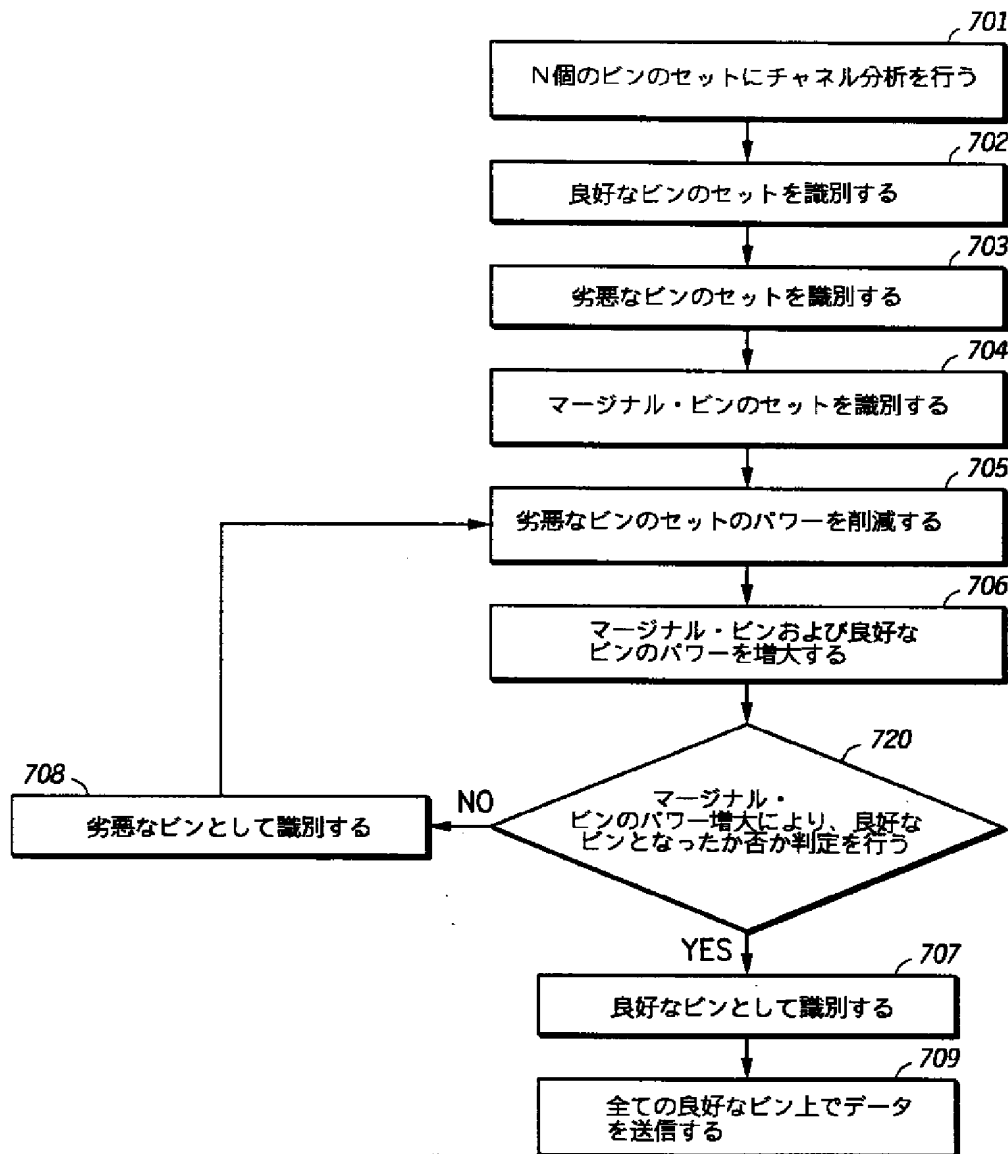
【図8】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 マシュー・エー・ベンドルトン  
アメリカ合衆国テキサス州シダー・パーク、  
ベイベリー・コート503

(72)発明者 テレンス・ジョンソン  
アメリカ合衆国テキサス州オースチン、  
チャッカー・サークル10100



US006259746B1

(12) **United States Patent**  
**Levin et al.**

(10) **Patent No.:** **US 6,259,746 B1**  
(45) **Date of Patent:** **\*Jul. 10, 2001**

(54) **METHOD FOR ALLOCATING DATA AND POWER IN A DISCRETE MULTI-TONE COMMUNICATION SYSTEM**

5,812,599 \* 9/1998 Van Kerckhove ..... 375/260  
5,822,374 10/1998 Levin ..... 375/260  
5,903,608 \* 5/1999 Chun ..... 375/260  
6,009,122 \* 12/1999 Chow ..... 375/260

(75) Inventors: **Howard E. Levin; Michael R. May,**  
both of Austin; **Matthew A. Pendleton,**  
Cedar Park, all of TX (US)

#### FOREIGN PATENT DOCUMENTS

0 753 947 A1 1/1995 (EP) ..... H04L/5/06  
0 753 948 A1 1/1995 (EP) ..... H04L/5/06  
0 9030 752  
A2 \* 7/1999 (EP) ..... H04L/27/26

(73) Assignee: **Motorola Inc.,** Schaumburg, IL (US)

(\*) Notice: This patent issued on a continued prosecution application filed under 37 CFR 1.53(d), and is subject to the twenty year patent term provisions of 35 U.S.C. 154(a)(2).

#### OTHER PUBLICATIONS

Alliance for Telecommunications Industry Solutions, "Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) Metallic Interface", Draft American National Standard for Telecommunications. Network and Customer Installation Interfaces, T1E1.4/94-007R7, pp. i-xii and pp. 2-171.

Chow, et al., "A Practical Discrete Multitone Transceiver Loading Algorithm for Data Transmission over Spectrally Shaped Channels", IEEE Transactions on Communications, vol. 43, No. 2/3/4, pp. 773-775 (1995).

Cioffi, "DMT Information Bus for Multidrop Interface on Existing Wiring", T1E1.4/94-126, pp. 1-6 (1994).

(List continued on next page.)

(21) Appl. No.: **09/007,218**

(22) Filed: **Jan. 14, 1998**

(51) Int. Cl.<sup>7</sup> ..... **H04L 27/04; H04J 3/22**

(52) U.S. Cl. .... **375/295; 370/468**

(58) Field of Search ..... 375/357, 360,  
375/240, 295, 222; 370/480, 468; 455/59,  
343; 379/93.1

(56) **References Cited**

#### U.S. PATENT DOCUMENTS

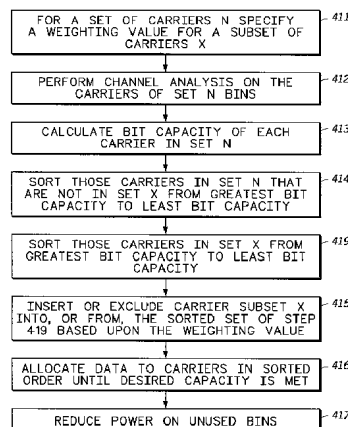
4,328,581 5/1982 Harmon et al. .... 371/8  
4,679,227 7/1987 Hughes-Hartogs ..... 375/58  
4,833,706 5/1989 Hughes-Hartogs ..... 379/98  
5,309,503 5/1994 Bruckert et al. .... 379/60  
5,400,322 3/1995 Hunt et al. .... 370/19  
5,475,864 12/1995 Hamabe ..... 455/33.1  
5,479,447 12/1995 Chow et al. .... 375/260  
5,548,819 8/1996 Robb ..... 455/59  
5,596,604 1/1997 Cioffi et al. .... 345/260  
5,598,435 1/1997 Williams ..... 375/261  
5,603,082 2/1997 Hamabe ..... 455/33.1  
5,774,500 \* 6/1998 Zogakis et al. .... 375/261  
5,790,550 \* 8/1998 Peeters et al. .... 370/480

*Primary Examiner*—Tessfaldet Bocure

(57) **ABSTRACT**

In the present invention, carriers associated with a discrete multi-tone (DMT) communications system (10) are sorted according to bit allocation capacity. The number of bits needed to attain a specified bit rate are then allocated beginning with the carrier having the greatest bit allocation capacity and proceeding toward the carrier having the least bit allocation capacity until all bits to are allocated. Once allocated, the power to any unused bins is reduced. Different subsets of the carriers between line cards can be specified in order to reduce crosstalk between adjacent lines.

**21 Claims, 4 Drawing Sheets**



OTHER PUBLICATIONS

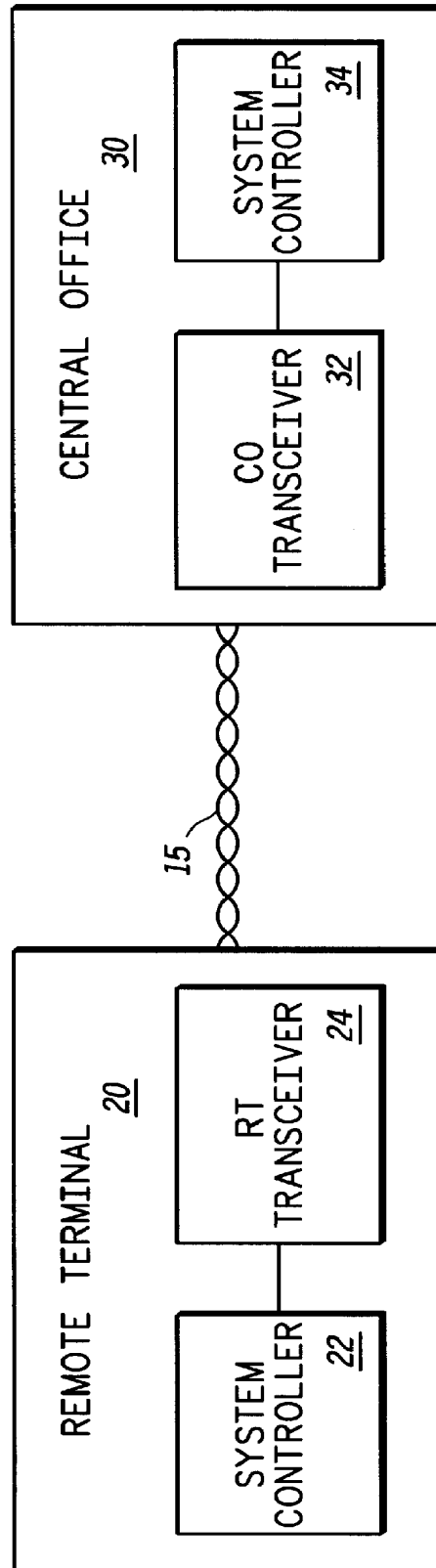
Levin, et al., U.S. Appl. No. 08/660,380 filed on Jun. 7, 1996.

Levin, U.S. Appl. No. 08/937,759 filed on Sep. 25, 1997.

American National Standard Institute (ANSI) for Telecommunicationx—"Network and Customer Installation Interfaces—Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) Metallic Interface", Aug. 18, 1995, N.Y., pp. 1-170.  
European Search Report (2 pgs.).

\* cited by examiner

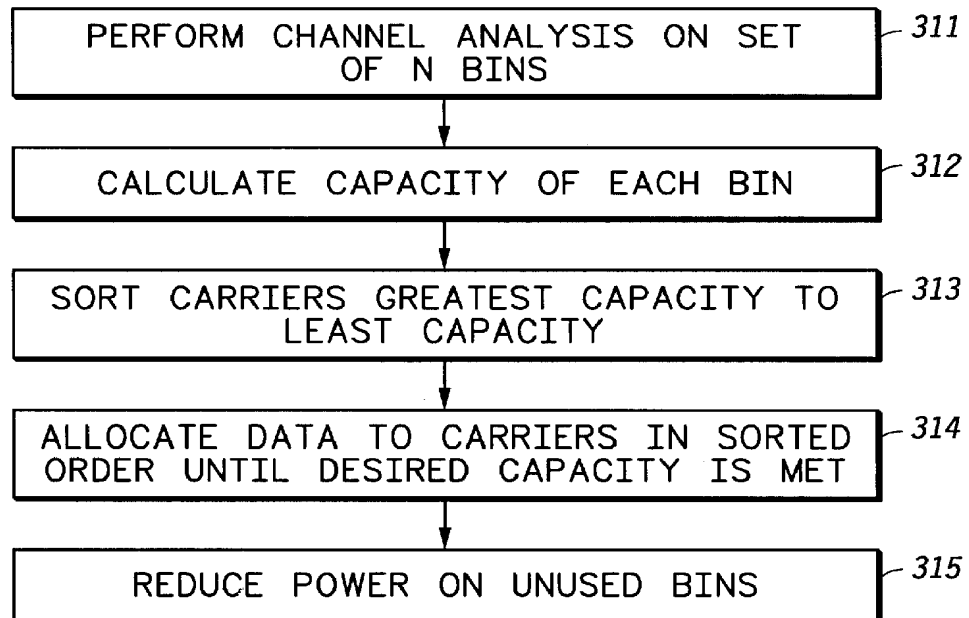
ADSL SYSTEM  
10

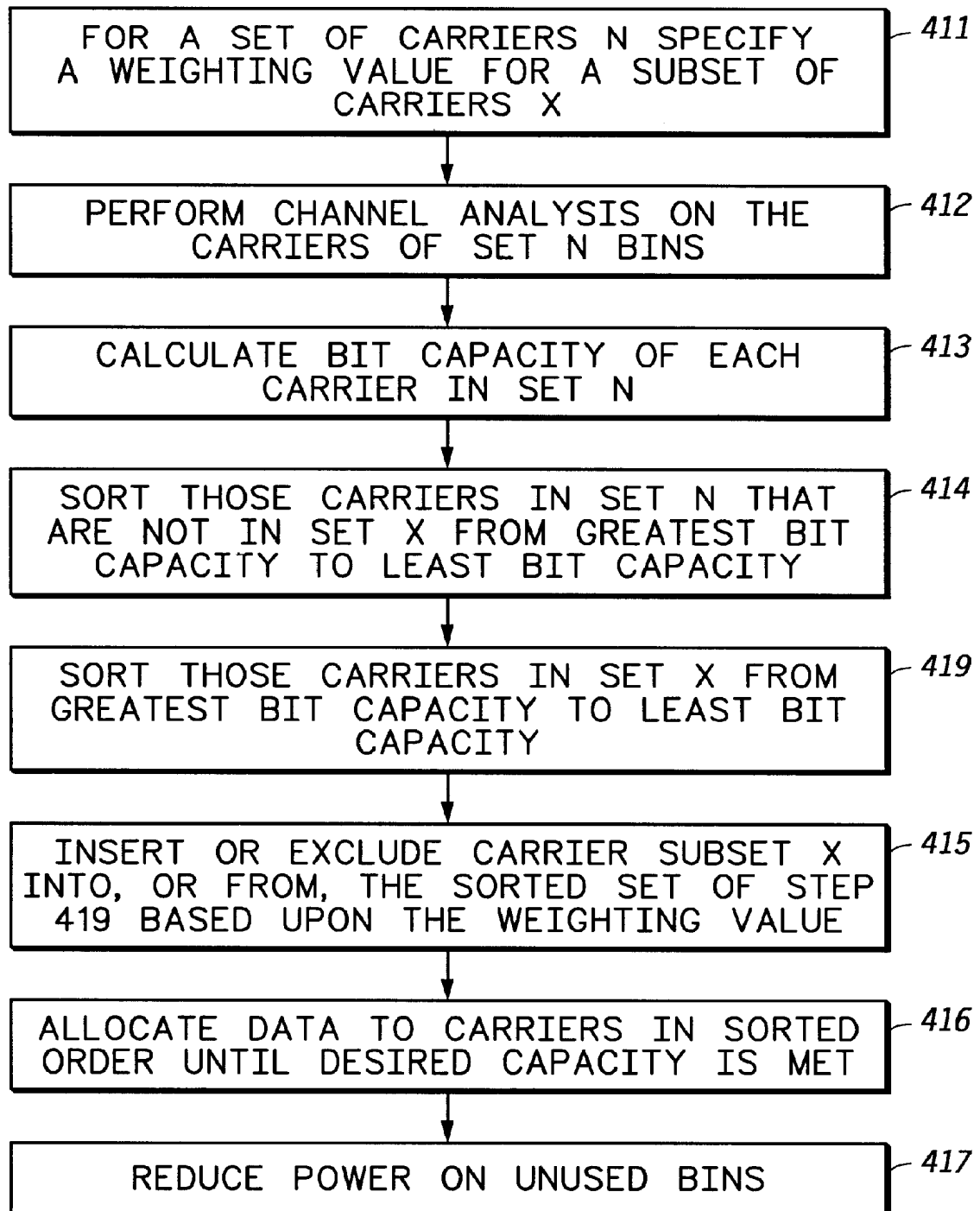


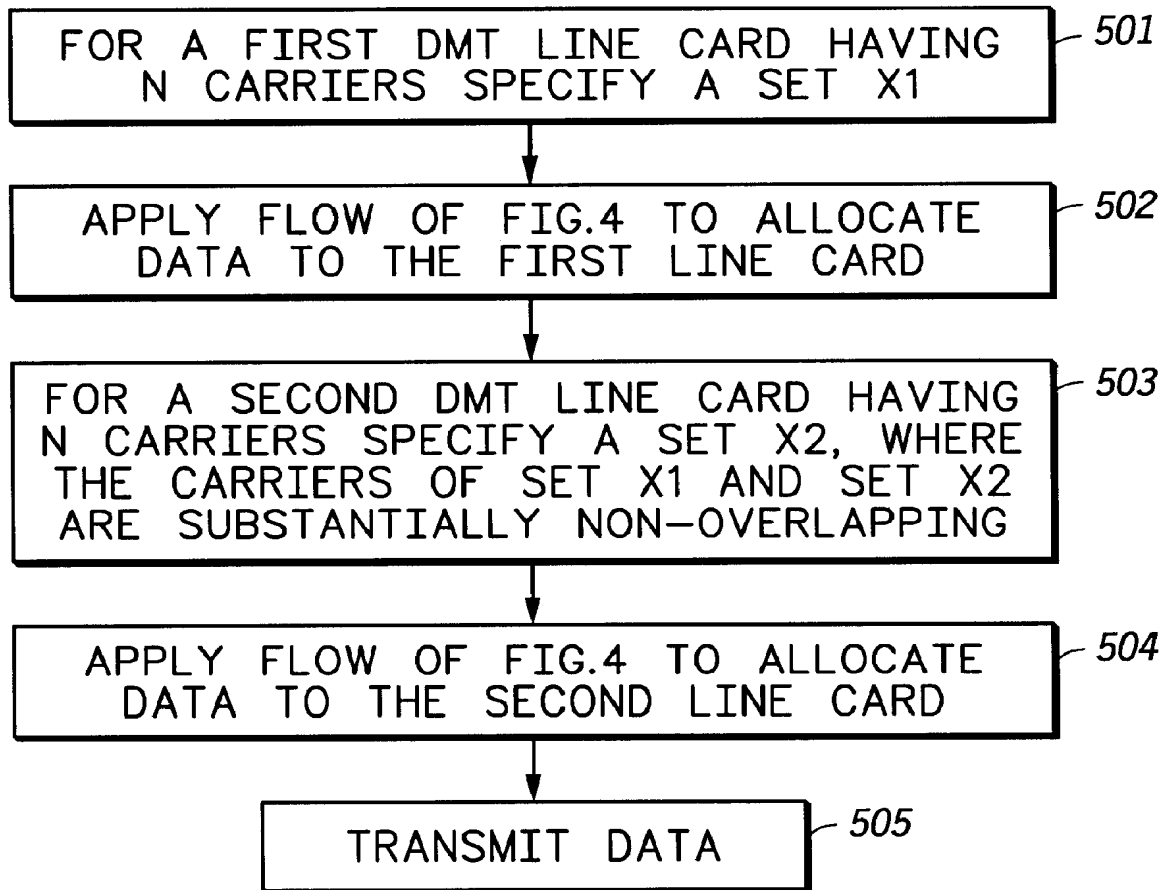
*FIG. 1*



SNR TABLE	
BITS	SNR <sub>REF</sub>
2	14
3	19
4	21
5	24
6	27
7	30
8	33
9	36
10	39
11	42
12	45
13	48
14	51
15	54

*FIG. 2**FIG. 3*

**FIG. 4**

*FIG.5*

# METHOD FOR ALLOCATING DATA AND POWER IN A DISCRETE MULTI-TONE COMMUNICATION SYSTEM

## CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATIONS

A related application entitled "Method for Allocating Data in a Data Communication System," by Levin, and having U.S. Pat. No. 5,852,633, issued on Dec. 12, 1998 has been previously filed.

A related application entitled "Method and Apparatus for Configuring a Communication System," by Levin, having application Ser. No. 08/937,759, has been previously filed.

A related application entitled "Method For Fine Gains Adjustment In An ADSL Communications System" by Levin, and having U.S. Pat. No. 5,822,374, issued on Oct. 13, 1998 has been previously filed.

A related application entitled "Method For Allocating Data And Power In A Discrete Multi-Tone Communication System " by Johnson, and having application Ser. No. 09/007,390 has been filed concurrently with the present application.

## FIELD OF THE INVENTION

This invention relates generally to a communication system and more specifically to a method for improving power consumption of a discrete multi-tone system.

## BACKGROUND OF THE INVENTION

In order to make high data rate interactive services such as video conferencing and internet access available to more residential and small business customers, high speed data communication paths are required. Although fiber optic cable is the preferred transmission media for such high data rate services, it is not readily available in existing communications networks, and the expense of installing fiber optic cable is prohibitive. Current telephone wiring connections, which consist of twisted pair media, were not designed to support the high data rates required for interactive services such as video on demand or even high speed interconnects. In response, Asymmetrical Digital Subscriber Line (ADSL) technology has been developed to increase the transmission capabilities within the fixed bandwidth of existing twisted pair connections, allowing interactive services to be provided without requiring the installation of new fiber optic cable.

Discrete Multi-Toned (DMT) is a multi-carrier technique that divides the available bandwidth of a communications channel such as a twisted pair connection into a number of frequency sub-channels. These sub-channels are also referred to as frequency bins or carriers. The DMT technique has been adopted by the ANSI T1E1.4 (ADSL) committee for use in ADSL systems. In ADSL, DMT is used to generate 250 separate 4.3125 kHz sub-channels from 26 kHz to 1.1 MHz for downstream transmission to the end user, and 25 sub-channels from 26 kHz to 138 kHz for upstream transmission by the end user. Each bin is allocated a number of bits to send with each transmission. The number of bits allocated to an ADSL system are 0, and 2-15 bits.

Prior to transmitting real-time data with an ADSL system, an initialization process occurs. During a first portion of the initialization process, an activation and acknowledgment step occurs. It is during this step that a transmit activation tone is generated following power-up of the ADSL system. Transceiver training is the next step of the initialization

process. During transceiver training, the equalization filters of the ADSL system are trained and system synchronization is achieved. Next, channel analysis and exchange are performed as part of the initialization processes. During the channel analysis and exchange, the Signal to Noise Ratio (SNR) of the channels is determined, and bit loading configuration of the bins and other configuration information is transferred.

Subsequent to the initialization process, real-time data transmission begins. During real-time data transmission, proposed implementations of the ANSI standard require that each carrier be transmitted with a nominal amount of power. The nominal amount of power is proposed to be a full amount of power that is approximately the same across all bins, as only a fine power gain adjustment variation occurs between carriers. However, there are disadvantages to assigning the nominal amount of transmit power to each carrier. For example, one problem is that there is unnecessary power consumption associated with assigning a nominal amount of power to a carrier that is not transmitting any data. This occurs when the requested data rate is less than the maximum data rate achievable on the line. This additional power results in additional system costs in terms of power consumption. Another issue of transmitting power on unused bins is that as a carrier's signal is attenuated over long line distances, there is a point where data cannot be transmitted with a desired certainty. When this occurs, the bit allocation capacity of the bad bin is set to zero, however, under proposed implementations of the specification, its transmit power remains allocated to the now unused bin. Therefore, there is a high cost in power even when there is not a high data rate. Another issue with the ADSL specification is that crosstalk interference occurs when signals are being transmitted at similar frequencies on adjacent lines.

Generally, over one-half of the power consumed by a typical DMT system is consumed by the line drivers. In addition to the thermal issues associated with increased power, there is an additional problem that crosstalk from adjacent phone lines can increase line noise levels as much as 40 dB. Therefore, it would be beneficial to optimize power consumption of a DMT system, and reduce cross-talk between adjacent twisted pair wires.

## BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

The invention will be described with reference to the following figures:

FIG. 1, illustrates an ADSL system in block form;

FIG. 2, illustrates an SNR reference table;

FIGS. 3-5, illustrate in flow diagram form, specific methods for optimizing the power of a DMT system;

## DETAILED DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

FIG. 1 illustrates an ADSL system 10. The ADSL system 10 comprises a remote terminal 20, and a central office 30 connected by a twisted pair transmission media. The remote terminal 20 and central office 30 each comprise a system controller 22 and 34, respectively. In addition, the remote terminal 20 and central office 30 respectively comprise a transceiver 24 and 32. The ADSL system 10 is capable of implementing the present invention. In operation, the central office 30 transmits downstream data across the transmission media 15 to the remote terminal 20. The data is received at the remote terminal 20 by the transceiver 24, which provides the received data to the system controller 22 for further processing. In a likewise fashion, the upstream data would be transmitted from the remote terminal 20, across the transmission media 15, and received by the central office transceiver 32, which provides the data to the system controller 34.

3

FIG. 2 illustrates an SNR reference table for use within the ADSL system 10. The SNR reference table indicates an SNR<sub>ref</sub> value, which is the SNR needed for a bin to transmit a specific number of bits at a specific Bit Error Rate (BER). For example, according to the table of FIG. 2, a bin which is determined to have an SNR of 30 would be able to transmit seven bits of data. Also, the values of SNR reference table will vary depending upon the type of error correction used, if any. For example, the use of error correction could reduce each SNR<sub>ref</sub> value in FIG. 2 by three. This reduction would allow a bin having a SNR of 30 to transmit eight bits. Generally, the SNR reference table will be empirically derived, but can also be derived based upon simulated or theoretical results.

FIG. 3 illustrates a method for implementing the present invention. While the specific embodiment will address a specific DMT implementation, it is to be understood that the present invention applies to any DMT implementation. At step 311, an analysis of an ADSL channel is performed. In one embodiment of the present invention, the channel analysis step 311 would return a signal-to-noise ratio (SNR) for a channel in an initial state. Generally, the channel analysis step 311 of FIG. 3 is performed as part of the initialization process. However, other implementations where the steps of FIG. 3 are performed during real time operation are anticipated by the present invention.

At step 312, the data capacity of each bin is calculated. In one embodiment, the data capacity is calculated based upon the SNR of a carrier, as determined in step 311, and the SNR reference table of FIG. 2. The data capacity can be determined by identifying, for a given SNR reference table, the maximum number of bits that can be transmitted. For example, according to the table of FIG. 2, the maximum number of bits that could be allocated to a bin having an SNR of 32 is seven bits.

Next, at step 313, the carriers or bins are sorted from greatest capacity to least capacity. Next, at step 314, the data rate to be transmitted is allocated beginning with the carrier(s) with the greatest capacity and proceeding to the carrier(s) with the least capacity. The data capacity is allocated until the specified data rate is achieved. By allocated to those bins with the greatest data rate first, it is possible to minimize the number of carriers used (used carriers) to transmit data at the desired data rate. At step 315, the power on the unused carriers is reduced in order to minimize the power used to transmit a specified amount of information. Generally, the power will be reduced by at least an order of magnitude of a the power of a used bin. This is advantageous over the prior art which has required each channel to maintain a nominal amount of power whether it is used or unused. By reducing power to unused bins, an optimal amount of power dissipation is possible.

FIG. 4 illustrates a different embodiment of the present invention. At step 411, for a set of carriers N, a subset carrier X is specified. The subset X will generally represent carriers which are to be preferred or avoided during the bit loading allocation process. The subset X is then weighted. The weighting can be explicit, whereby weighting value is specified by a user, or implicit, whereby the system would have a default weighting for the subset X. For example, the subset X could implicitly be heavily weighted. The function of the weighting will be discussed with reference to step 415.

At step 412, a channel analysis is performed on each carrier of set N. The channel analysis of step 412 is performed in the same manner as the channel analysis of step

4

311 of FIG. 3, as previously discussed. Next, at step 413, the bit loading capacity for each bin in carrier set N is calculated. This step is analogous to step 312 of FIG. 3.

At step 414, the carriers of set N that are not in set X are sorted from greatest bit loading capacity to least bit loading capacity to form a sorted set of carriers. This step is analogous in function to step 313 of FIG. 3, except that it is performed on a subset of the set.

At step 419, the carriers y in set X are also sorted from greatest bit loading capacity to least bit loading capacity to form another sorted set. In an alternative embodiment, the set X need not be sorted.

At step 415, the bins associated with carrier subset X are inserted or excluded from the sorted set of carriers y to create a set z. In one embodiment, where the bins of set X are implicitly heavily weighted, the set would be positioned in the sorted set before, or after, bins meeting some pre-defined criteria. For example, heavily weighted bins could be positioned before the bins with the greatest capacity such that a new first member of set Z is also a member of set X. In another embodiment, the heavily weighted bins could be positioned between bins having a capacity of ten bits, and bins having a capacity of nine bits. Generally, a heavily weighted set is inserted with bins having significant bit allocation capacity. In one embodiment, where 15 bits is the maximum loading for a bin, a heavily weighted set would generally be inserted at or above the 7 bit allocation level.

In a similar manner, where the bins of set X are implicitly lightly weighted, they could be excluded from the sorted list entirely, inserted after the bins with the least bit loading capacity, or inserted between bins having a specified loading level. Generally, a lightly weighted set is inserted with bins having low bit allocation capacity. In one embodiment, where 15 bits is the maximum loading for a bin, a lightly weighted set would generally be inserted below the 7 bit allocation level.

In an embodiment where a numerical weighting is applied the exact placement of the bins of set X would be placed, or excluded, based upon the value of the weighting.

At step 416, the number of bits needed to support a specified data rate are allocated to the bins based upon the sorted order of the set. For example, assuming the set X is inserted between bins having loading capacity of 13 and 14 bits. The allocation would begin with a bin, not in set X, having 15 bits of loading capacity. Once the first bin was assigned 15 bits, another bin, not in set X, having 15 bits of capacity would be assigned 15 bits, and so on until all 15 bit bins are fully assigned. Next, all 14 bit bins, not in set X would be filled in a similar manner. Next, the bits of set X would be filled prior to the loading of any 13 bit capacity bin which is not in set X. Subsequent to each bin of set X being filled, the filling process would continue with the 13 bit capacity bins.

FIG. 5 illustrates another embodiment of the present invention whereby crosstalk between adjacent lines can be reduced. At step 501, a subset of carriers X1 is specified for a first line card. At step 502, the flow of FIG. 4 is applied to the subset X1. This in effect minimizes the number of carriers line card 2 needs to drive in order to support a specific data rate.

At step 503, a subset of substantially non-overlapping carriers X2 is a specified for a second line card. In one embodiment, the sets X1 and X2 would be mutually exclusive in that they would attempt to allocate the data capacity to bins operating at different frequencies. In yet another embodiment, the sets X1 and X2 would be chosen to buffer

5

used bins in separate line cards from each other. For example, if set X1 specified bins 1–10 as bins to be filled first, set X2 would indicate bins 12–21 as bins to be filled first. To the extent the bit loading capacity could be allocated within the specified bins, there would be an unused bin, bin 11, buffering the frequency range of set X1 and X2. This buffering allows for greater immunity to cross talk.

Once set X2 is defined, the method of FIG. 4 is applied in order to optimize power of the system. At step 505, data transmission occurs, allowing for optimization of power dissipation and limiting crosstalk among adjacent lines.

The foregoing specification has identified a preferred method for improving power consumption of an ADSL system. The invention has been described with reference to specific embodiments. However, one of ordinary skill in the art will appreciate that various modifications and changes can be made to the present invention without departing from the scope of the present invention as set forth in the claims below. For example, the specific embodiment has been discussed in terms of using the SNRref table of FIG. 2 to determine the loading of a bin. One skilled in the art would appreciate that other methods of determining bin loading are capable of being used. Another example of a modification anticipated by the of the present invention would be to identify and weight multiple subsets of bins. In the claims, means-plus-function clause(s), if any, cover the structures described herein that perform the recited function(s). The mean-plus-function clause(s) also cover structural equivalents and equivalent structures that perform the recited function(s).

We claim:

1. A method for optimizing power of a Discrete Multi-Tone communication system when a desired data rate is less than a maximum data rate of the communication system, the method comprising the steps of:

- determining a bit loading capacity of a plurality of carriers associated with the communication system;
- sorting the plurality of carriers into a sorted order from a greatest capacity to a least capacity;
- allocating data bits to the plurality of carriers in the sorted order until the desired data rate is achieved; and
- reducing power to at least one unused carrier.

2. A method for optimizing power of a Discrete Multi-Tone communication system when a desired data rate is less than a maximum data rate of the communication system, the method comprising the steps of:

- determining a bit loading capacity of a plurality of carriers associated with the communication system;
- sorting the plurality of carriers to create a sorted list, wherein the sorted list is sorted according to the bit loading capacity;
- allocating data capacity to the plurality of carriers according to the sorted list until all of the data capacity is allocated, wherein a bin having a greatest bit loading capacity is completely filled before a bin having less than the greatest bit loading capacity; and
- reducing power to an unused carrier, wherein the unused carrier has not been allocated any data capacity.

3. The method of claim 2, wherein the step of determining further includes the substeps of:

- determining a Signal-to-Noise Ratio (SNR) of the plurality of carriers;
- providing a SNR reference table indicating a amount of SNR needed to transmit a specific number of data bits at a predefined Bit Error Rate (BER); and

6

determining the bit loading capacity based upon the SNR of the plurality of carriers and the SNR reference table.

4. The method of claim 2, wherein the step of reducing power includes reducing the power to an unused carrier by a ratio relative to a used carrier.

5. The method of claim 2, wherein the step of reducing power includes reducing the power to an unused carrier by specific amount.

6. A method of optimizing power of a Discrete-Multi-Tone (DMT) communication system, the method comprising the steps of:

- defining a set N comprising a plurality of carriers associated with the DMT communications system;
- defining a set X which is a subset of the set N, where the set X comprises at least one carrier;
- determining a bit loading capacity of each carrier of the set N;

- sorting the plurality of carriers of the set N that are not in the set X from a carrier having a greatest bit loading capacity to a carrier having a least bit loading capacity to create a sorted set Y, wherein the sorted set Y has a first member which has the greatest bit loading capacity and a last member which has the least bit loading capacity;

- inserting the set X into the sorted set Y to create a set Z;
- allocating data capacity beginning with the first member of the set Z, and continuing until all data capacity is allocated or until the last member is filled; and
- reducing power to at least one carrier in the set Z that does not having data allocated to it.

7. The method of claim 6, wherein the step of reducing power further includes reducing the power to all carriers in the set Z that do not have data allocated to them.

8. The method of claim 6, further comprising the step of: weighting the set X.

9. The method of claim 8, wherein the step of inserting the set X includes the set X being implicitly weighted.

10. The method of claim 9, wherein the set X is heavily weighted relative to a bin of set N having an average bit loading capacity.

11. The method of claim 9, wherein the set X is inserted into the sorted set Y prior to the bin(s) having the greatest bit loading capacity, such that a new first member of the set Z is also a member of the set X.

12. The method of claim 8, wherein the step of weighting the carriers associated with the set X includes the set X being explicitly weighted, wherein, depending upon an explicit weighting value assigned to the set X, the set X can be inserted before all carriers of the set Y, after all carriers of the set Y, between carriers of the set Y, or not included in the set Y.

13. The method of claim 6, wherein the set X is lightly weighted relative to an average bin capacity.

14. The method of claim 13, wherein the set X is inserted into the sorted set Y following the bin(s) having the least bit loading capacity, such that a new last member of the sorted set Y is also a member of the set X.

15. The method of claim 13, wherein the set X is not included into the sorted set Y, whereby no data is allocated to the set X carriers.

16. The method of claim 6 further comprising the step of sorting carriers of the set X from the carrier having a greatest bit loading capacity the carrier having a least bit loading capacity to create a sorted set X.

17. A method of optimizing power of a Discrete Multi-Tone (DMT) communication system, the method comprising:

7

providing a first DMT line card for transmitting carriers associated with a set of carriers N1 and a second DMT line card for transmitting carriers associated with a set of carriers N2;

specifying a subset of set N1 as a set X1;

specifying a subset of set N2 as a set X2, wherein the carriers of the set X2 do not substantially overlap in frequency with the carriers of the set X1;

allocating bit capacity for the first DMT line card beginning with the carriers of the set X1;

reducing the power to unused carriers of the set X1;

allocating bit capacity for the second DMT line card beginning with the carriers of the set X2;

reducing the power to unused carriers of the set X2;

transmitting data using the first DMT line card; and

transmitting data using the second DMT line card.

18. The method of claim 17 further comprising the steps of:

sorting the carriers of the set X1 from a carrier having a greatest bit loading capacity to a carrier having a least bit loading capacity before the step of allocating bit capacity for the first DMT line card.

19. The method of claim 18 further comprising the steps of:

sorting the carriers of the set X2 from the carrier having a greatest bit loading capacity to the carrier having a least bit loading capacity before the step of allocating bit capacity for the second DMT line card.

20. The method of claim 17, wherein set X2 is chosen so that there are no overlapping or directly adjacent carriers between the set X1 and the set X2.

21. A method of optimizing power of a Discrete Multi-Tone (DMT) communication system, the method comprising:

providing a first DMT line card having a set of carriers N1 and a second DMT line card having a set of carriers N2;

specifying a subset of the set N2 as a set X1 for the first DMT line card;

8

specifying a subset of the set N1 as a set X2 for the second DMT line card, wherein the carriers of the set X2 do not substantially overlap in frequency with the carriers of the set X1;

sorting the carriers of the set N1 that are not in the set X1 from a carrier having a greatest bit loading capacity to a carrier having a least bit loading capacity to create a sorted set Y1, wherein the sorted set Y1 has a first member which has the greatest bit loading capacity and a last member which has the least bit loading capacity;

sorting the carriers of the set X1 from the carrier having a greatest bit loading capacity to the carrier having a least bit loading capacity to create a sorted set X1;

sorting the carriers of the set N2 that are not in the set X2 from the carrier having a greatest bit loading capacity to create a sorted set Y2, wherein the sorted set Y2 has a first member which has the greatest bit loading capacity and a last member which has the least bit loading capacity;

sorting the carriers of the set X2 from the carrier having a greatest bit loading capacity to the carrier having a least bit loading capacity to create a sorted set X2;

inserting the sorted set X1 into the set Y1 to create a modified set Y1;

inserting the sorted set X2 into the set Y2 to create a modified set Y2;

allocating bit capacity for the first DMT line card beginning with the first member of the modified set Y1;

reducing the power to unused carriers of the modified set Y1;

allocating bit capacity for the second DMT line card beginning with the first member of the modified set Y2;

reducing the power to unused carriers of the modified set Y2;

transmitting data using the first DMT line card; and transmitting data using the second DMT line card.

\* \* \* \* \*